

09/601130

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D	31 MAR 1999
WIPO	PCT

Bescheinigung

DE 99/00211

EJ

Die Leica Lasertechnik GmbH in Heidelberg/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Optische Anordnung zum spektralen Auffächern eines Laser-
strahls"

am 29. Januar 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
G 02 B 27/12 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 25. Februar 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Hiebinger

Aktenzeichen: 198 03 442.3

BEST AVAILABLE COPY

4211/P/018

Heidelberg, 28. Januar 1998/js

Patentanmeldung

der Firma

Leica Lasertechnik GmbH
Im Neuenheimer Feld 518

69120 Heidelberg

betreffend eine

"Optische Anordnung zum spektralen Auffächern eines
Laserstrahls"

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine optische Anordnung zum spektralen Auffächern eines Laserstrahls, vorzugsweise im Detektionsstrahlengang eines Konfokalmikroskops, insbesondere zum anschließenden Aufspalten des aufgefächerten Strahls aus dessen Dispersionsebene heraus und zur Detektion der aufgespaltenen Spektralbereiche, wobei der ankommende Laserstrahl auf ein Pinhole fokussiert ist.

Optische Anordnungen der hier in Rede stehenden Art sind aus der Praxis seit geraumer Zeit bekannt, und zwar in Verbindung mit der gleichzeitigen Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Laserstrahls, die mit einem sogenannten Multibanddetektor erfolgt. Bei einem solchen Multibanddetektor handelt es sich im konkreten um eine aufwendige optische Anordnung, die bislang mit zusätzlicher Optik eine Mehrfachfokussierung ermöglicht. Solche Anordnungen erfordern zur spektralen Multibanddetektion einen ganz erheblichen Raum, verursachen demnach eine nicht unbeachtliche Baugröße. Darüber hinaus tritt dort regelmäßig ein Defokussierungseffekt auf, so daß ein ständiges Nachfokussieren mit der zusätzlichen Optik — bezogen auf den jeweiligen Spektralbereich — erforderlich ist.

Will man im Detektionsstrahlengang eines Konfokalmikroskops den Strahl zunächst spektral auffächern und anschließend aus dessen Dispersionsebene heraus in einzelne Spektralbereiche aufspalten, ist eine hohe Dynamik bei der Abtrennung des Anregungslichts von Vorteil. Beugungserscheinungen stehen einer solchen hohen Dynamik jedoch grundsätzlich entgegen, wobei insbesondere die Nebenmaxima der Beugungsfunktion im spektral abgetrennten Detektionsbereich Probleme verursachen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine optische Anordnung der gattungsbildenden Art derart auszugestalten und weiterzubilden, daß eine fehlerfreie Aufspaltung des aufgefächerten Strahls im Spektralbereich möglich ist.

Die erfindungsgemäße optische Anordnung der gattungsgemäßen Art löst die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruches 1. Danach ist eine solche Anordnung dadurch gekennzeichnet, daß das Pinhole einen polygonförmigen Durchtritt für den Lichtstrahl hat.

Erfindungsgemäß ist zunächst einmal erkannt worden, daß das Pinhole verantwortlich dafür ist, welches Beugungsmuster für die verschiedenen Farben in der Fokus-

BEST AVAILABLE COPY

ebene bzw. in der Dispersionsebene auftritt. Während nämlich ein Pinhole mit rundem Durchtritt kreisringförmige Beugungsnebenmaxima mit limitierter Dynamik aufgrund der hier auftretenden Beugungseffekte aufweist, ergibt sich aus der Anwendung eines Pinholes mit polygonförmigem Durchtritt ein ganz anderes Beugungsmuster, nämlich ein Beugungsmuster, dessen Beugungsmaxima in sich überkreuzenden Linien angeordnet sind. Jedenfalls ist es angesichts einer solchen Anordnung möglich, abseits der Hauptbeugungsmaxima auszublenden bzw. zu detektieren, so daß allenfalls die weniger problematischen Nebenbeugungsmaxima erfaßt werden. Dadurch lassen sich Beugungseffekte zumindest weitgehend unterdrücken.

Hinsichtlich einer konkreten Ausgestaltung des Pinholes bzw. des dort ausgebildeten Durchtritts ist es von weiterem Vorteil, wenn dieser — polygonförmige — Durchtritt symmetrisch ausgestaltet ist. Dabei könnte der Durchtritt dreieckig oder viereckig ausgebildet sein, wobei im Rahmen einer viereckigen Ausgestaltung die symmetrische und dabei rechteckige Form von besonderem Vorteil ist. Daraus ergibt sich nämlich ein ganz besonders geeignetes Beugungsmuster des Pinholes für verschiedene Spektralbereiche bzw. Farben, nämlich ein Spektralkreuz, wobei sich die Achsen des Kreuzes aus den Hauptbeugungsmaxima zusammensetzen. Dazwischenliegende Nebenbeugungsmaxima sind bei der Detektion bzw. Spaltung weniger problematisch.

Im Strahlengang vor und/oder nach dem Pinhole könnten zusätzlich Blenden angeordnet sein, wobei es sich dabei vorzugsweise um variable Blenden handelt. Diese Blenden dienen zur Unterdrückung von Beugungsmaxima bzw. Beugungserscheinungen höherer Ordnung.

Grundsätzlich ist die gleichzeitige Detektion mehrerer Spektralbereiche eines Laserstrahls dann ohne weiteres möglich, wenn man den Laserstrahl zunächst spektral auffächert und anschließend aus der Dispersionsebene heraus eine Aufspaltung des auffächerten Strahls vornimmt. Die Aufspaltung des auffächerten Strahls aus der Dispersionsebene heraus erfolgt mittels einer besonderen optischen Anordnung, wobei die in Spektralbereiche aufgespaltenen Teilstrahlen bzw. die Spektralbereiche selbst detektiert werden, und zwar gleichzeitig. Wesentlich ist hier, daß der eigentlichen Aufspaltung in Spektralbereiche ein Auffächern des Laserstrahls vorangeht, so daß die Aufspaltung aus der Dispersionsebene heraus am auffächerten Strahl

BEST AVAILABLE COPY

stattfinden kann. Eine Mehrfachfokussierung mit zusätzlicher Optik ist hier jedenfalls nicht erforderlich.

Grundsätzlich sind hier zwei optische Anordnungen vorgesehen, nämlich einmal zum spektralen Auffächern des Laserstrahls und ein anderes Mal zum Aufspalten und anschließenden Detektieren. Der Anordnung zum spektralen Auffächern des Laserstrahls ist das Pinhole vorgeschaltet, auf das der ankommende Laserstrahl fokussiert ist, wobei das Pinhole einem Laserscanner unmittelbar nachgeschaltet sein kann. Wesentlich ist hier jedenfalls die Erkenntnis, daß die Form des Durchtritts im Pinhole ein bestimmtes Beugungsmuster des aufgefächerten Laserstrahls in der Dispersionsebene erzeugt.

Vom Pinhole läuft der Strahl ggf. über die bereits zuvor erwähnte variable Blende zu Fokussieroptiken und Dispersionsmitteln. Die Dispersionsmittel können im Hinblick auf eine besonders einfache Konstruktion als Prisma ausgeführt sein. Vor und nach den Dispersionsmitteln bzw. dem Prisma ist jeweils eine Fokussieroptik angeordnet, die wiederum eine Linsenanordnung umfassen kann.

Der von dem Pinhole zum Prisma laufende divergente Strahl wird durch die Fokussieroptiken in die nachgeordnete Spalt-/Detektoranordnung fokussiert, von wo aus die Aufspaltung in Spektralbereiche stattfindet.

Hinsichtlich der Spalt-/Detektoranordnung ist es von Vorteil, wenn dort in der Fokusebene bzw. Dispersionsebene des aufgefächerten Strahls besondere Farbselektionsspalten vorgesehen sind, die wiederum derart angeordnet und ausgerichtet sind, daß Beugungserscheinungen am Detektionsspalt ausblendbar sind.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigt

BEST AVAILABLE COPY

- Fig. 1 in einer schematischen Darstellung eine herkömmliche optische Anordnung mit einem einen runden Durchtritt aufweisenden Pinhole,
- Fig. 2 in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optischen Anordnung, wobei das Pinhole einen quadratischen Durchtritt aufweist und
- Fig. 3 in einer schematischen Darstellung die gesamte optische Anordnung umfassend das Auffächern des Laserstrahls, die Aufspaltung des aufgefächerten Strahls und die Detektion.

Die Fig. 1 bis 3 zeigen eine optische Anordnung zum spektralen Auffächern eines Laserstrahls 1, wobei es sich hier um den Laserstrahl 1 im Detektionsstrahlengang eines in den Figuren nicht gezeigten Konfokalmikroskops handelt. Nach dem spektralen Auffächern des Laserstrahls 1 findet eine Aufspaltung des aufgefächerten Strahls 2 aus dessen Dispersionsebene 3 heraus statt. Es erfolgt eine Detektion der aufgespaltenen Spektralbereiche 4 mittels geeigneter Detektoren 5. Der Gesamtzusammenhang läßt sich Fig. 3 entnehmen, wobei dort zur Aufspaltung des aufgefächerten Strahls 2 Detektionsspalte 6 zur Selektion der Spektralbereiche 4 vorgesehen sind. Die hier gewählte einfache Darstellung dient der Verdeutlichung der Funktionsweise. Auf die Darstellung weiterer Einzelheiten wird der Übersicht halber verzichtet.

Bei der in Fig. 1 gezeigten optischen Anordnung handelt es sich um eine Anordnung herkömmlicher Art, bei der nämlich der ankommende Laserstrahl 1 auf ein Pinhole 7 mit rundem Durchtritt 8 fokussiert ist. Von dort aus verläuft der Strahl durch eine Fokussieroptik 9, als Prisma 10 ausgeführte Dispersionsmittel über eine weitere Fokussieroptik 11 in eine lediglich angedeutete Spalt-/Detektoranordnung 12, wobei sich aufgrund des Pinholes 7 mit rundem Durchtritt 8 in der Dispersionsebene 3 ein ganz besonderes Beugungsmuster 13 für verschiedene Farben ergibt. Kreisringförmig abgebildete Beugungsnebenmaxima limitieren die Dynamik des bekannten Systems.

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße optische Anordnung, bei der das Pinhole 7 einen polygonförmigen Durchtritt 8 aufweist, nämlich im konkreten einen viereckigen bzw. rechteckigen Durchtritt. Dieses Pinhole 7 bzw. der dort realisierte Durchtritt 8 verur-

BEST AVAILABLE COPY

sacht im Gegensatz zu der herkömmlichen optischen Anordnung ein ganz anderes Beugungsmuster 13 in der Dispersionsebene 3, nämlich aufgrund der in zwei Linien 14, 15 angeordneten Beugungsmaxima 16.

Fig. 2 zeigt lediglich symbolisch, daß die Detektionsspalte 6 derart angeordnet und ausgerichtet sind, daß Beugungserscheinungen am Detektionsspalt 6 ausblendbar sind, da nämlich entlang der Detektionslinie 17 allenfalls vernachlässigbare Nebenbeugungsmaxima liegen.

Wesentlich ist jedenfalls, daß die Ausgestaltung des Pinholes bzw. dessen Durchtritts 8 für das Beugungsmuster 13 verantwortlich ist, wobei bei polygonförmigem Durchtritt 8 das Pinhole 7 ein Beugungsmuster 13 ergibt, welches eine Ausblendung der Nebenmaxima der Beugungserscheinung durch geeignete Detektionsspalten 6 ermöglicht, so nämlich bei Verwendung eines rechteckigen Durchtritts 8 des Pinholes 7 durch spektrale Aufspaltung diagonal zum Beugungskreuz.

BEST AVAILABLE COPY

Patentansprüche

1. Optische Anordnung zum spektralen Auffächern eines Laserstrahls (1), vorzugsweise im Detektionsstrahlengang eines Konfokalmikroskops, insbesondere zum anschließenden Aufspalten des aufgefächerten Strahls (2) aus dessen Dispersions-ebene (3) heraus und zur Detektion der aufgespaltenen Spektralbereiche (4), wobei der ankommende Laserstrahl (1) auf ein Pinhole (7) fokussiert ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Pinhole (7) einen polygonförmigen Durchtritt (8) hat.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der poygonförmige Durchtritt (8) symmetrisch ausgestaltet ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchtritt (8) dreieckig ausgebildet ist.
4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchtritt (8) viereckig ausgebildet ist.
5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchtritt (8) rechteckig ausgebildet ist.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang vor und/oder nach dem Pinhole (7) eine vorzugsweise variable Blende angeordnet ist.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß dem Pinhole (7) im Strahlengang Fokusieroptiken (9, 11) und Dispersionsmittel nachgeordnet sind.
8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Dispersionsmittel ein Prisma (10) umfassen.

.. AVAILABLE COPY.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang vor und/oder nach den Dispersionsmitteln eine Fokuseroptik (9, 11) angeordnet ist.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokuseroptiken (9, 11) Linsenanordnungen umfassen.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (1) mittels der Fokuseroptiken (9, 11) in eine Spalt-/Detektoranordnung (12) fokussierbar ist.

12. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spalt-/Detektoranordnung (12) in der Fokusebene bzw. Dispersionsebene (3) des aufgefächerten Strahls (2) Farbselektionsspalte bzw. Detektionsspalte (6) umfaßt, die derart angeordnet und ausgerichtet sind, daß Beugungserscheinungen am Detektionsspalt (6) ausblendbar sind.

BEST AVAILABLE COPY

Zusammenfassung

Eine optische Anordnung zum spektralen Auffächern eines Laserstrahls (1), vorzugsweise im Detektionsstrahlengang eines Konfokalmikroskops, insbesondere zum anschließenden Aufspalten des aufgefächerten Strahls (2) aus dessen Dispersions-ebene (3) heraus und zur Detektion der aufgespaltenen Spektralbereiche (4), wobei der ankommende Laserstrahl (1) auf ein Pinhole (7) fokussiert ist, ist zur Erzielung einer hohen Dynamik bei der Aufspaltung des Lichtstrahls in Spektralbereiche (4) bzw. Spektralfarben dadurch gekennzeichnet, daß das Pinhole (7) einen polygonförmigen Durchtritt (8) hat.

(Fig. 1)

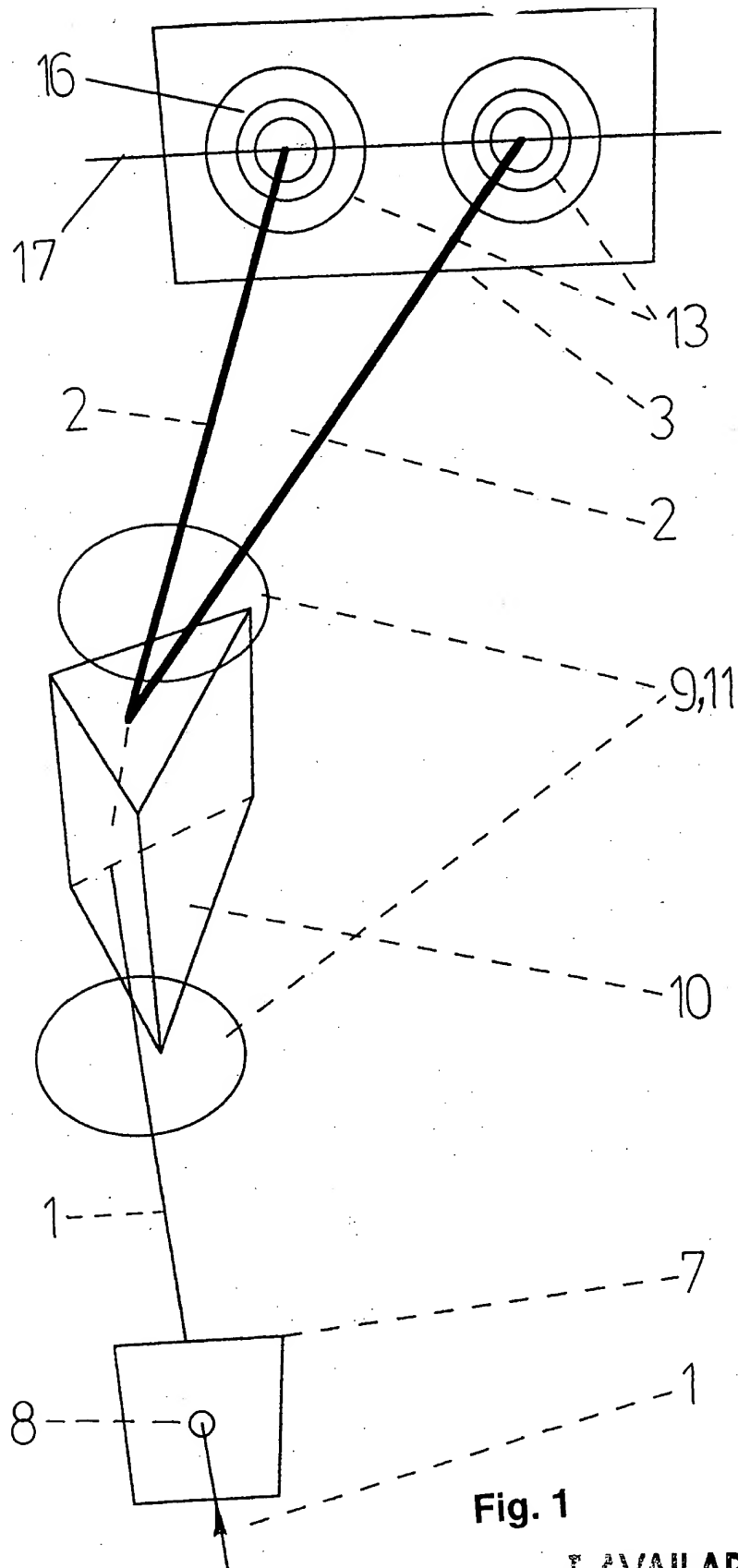


Fig. 1

AVAILABLE COPY

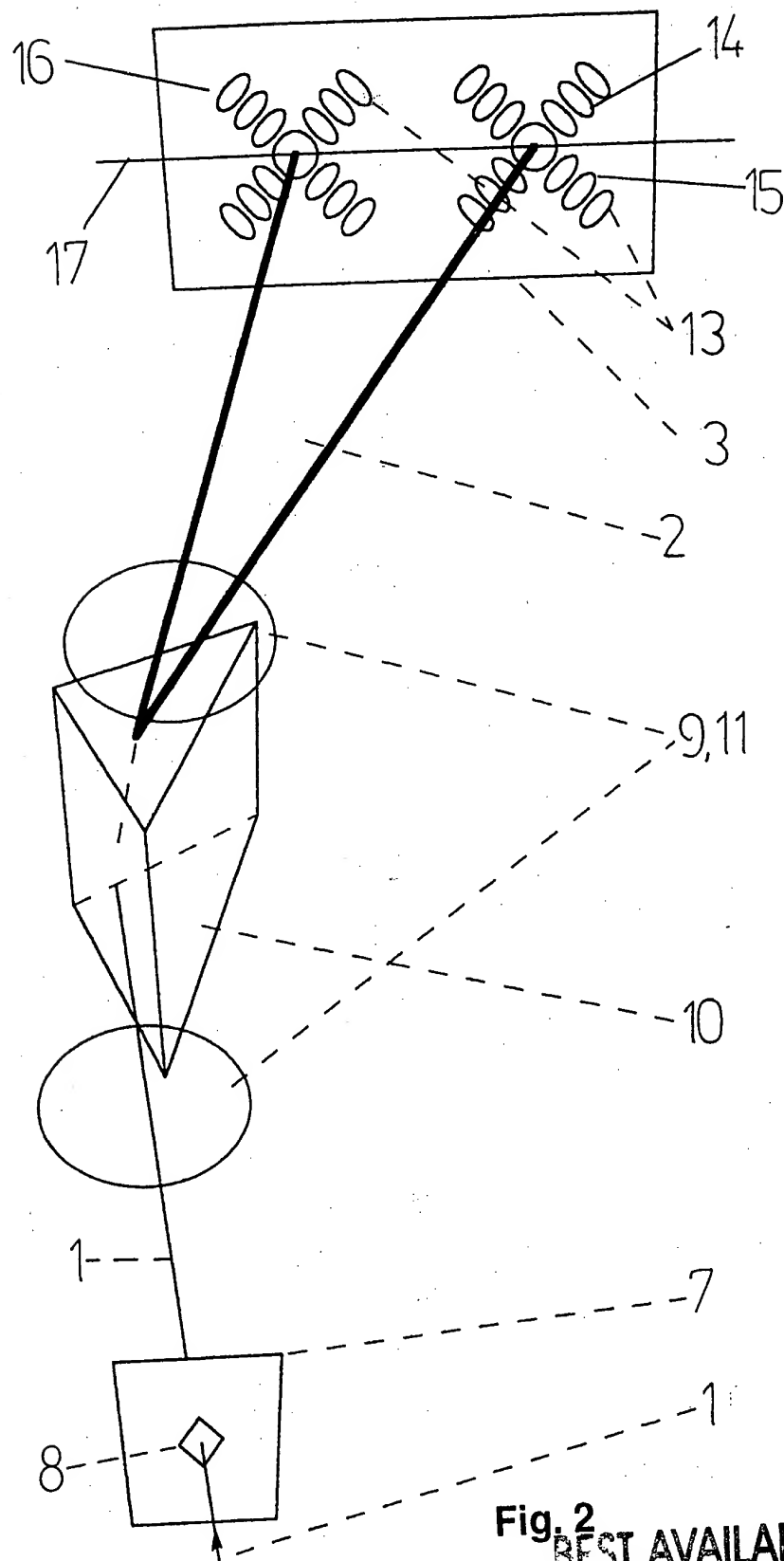


Fig. 2
BEST AVAILABLE COPY

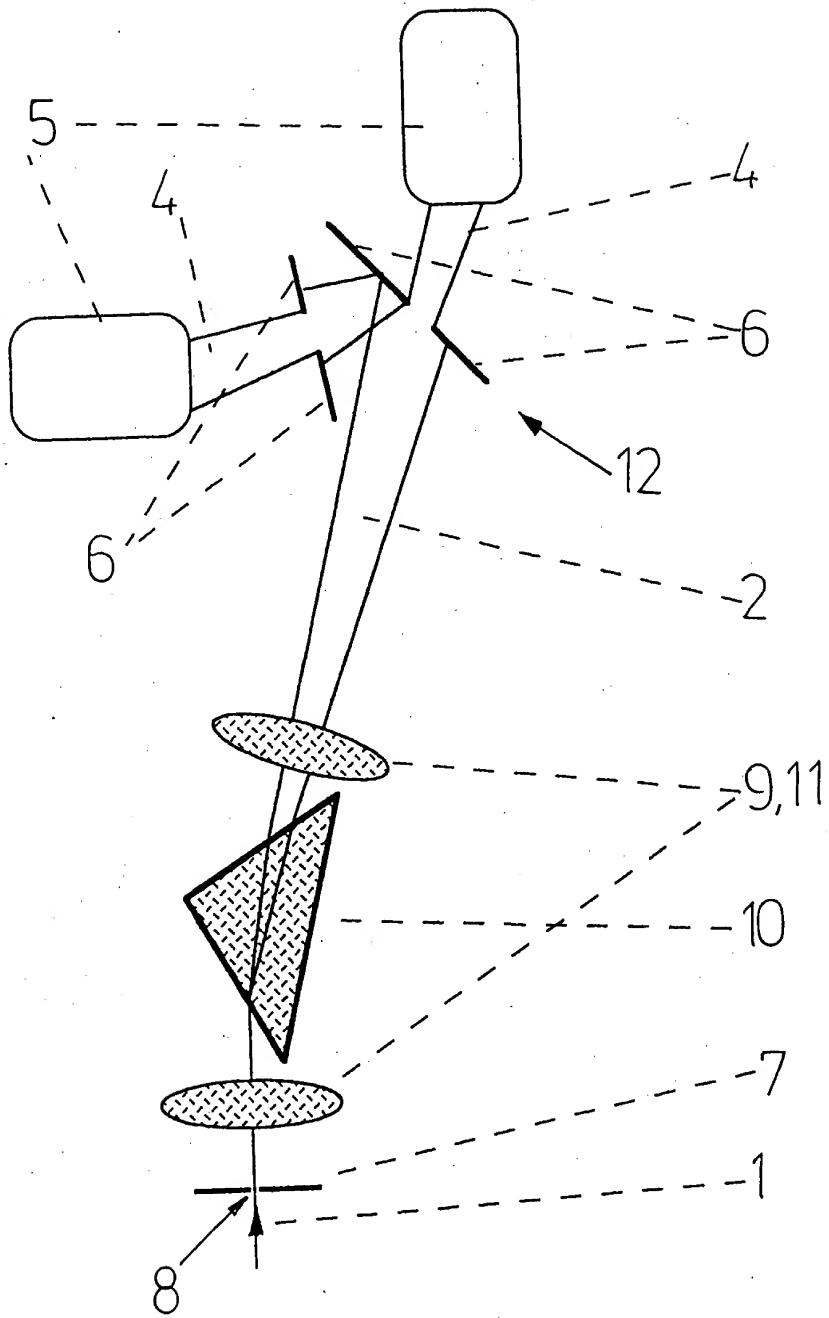


Fig. 3

BEST AVAILABLE COPY[®]